Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 2, Summer 2020, P. 207-217

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۲۱۷-۲۰۷

مقاله علمی-پژوهشی

# محاسبه دمای پایه و بررسی روند تغییرات تعداد نسل کرم سیب (*Cydia pomonella*)، با استفاده از مدل درجه-روز در شهرستان چناران

مهدی حلمی جدید[۱]- محمد موسوی بایگی[۲*]- حسین صادقی نامقی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۲

## چکیده

جنبه‌های متعدی از تغییر اقلیم و آثار آن بر اکوسیستم ها بررسی شده است، لکن تأثیر آن بر روی آفات، خصوصاً در ایران کمتر موردتوجه قرار گرفته است. تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر تأثیرات متعددی را بر روی جامعه گیاهی و آفات گذاشته است. کرم سیب به‌عنوان یک آفت کلیدی مانند سایر آفات کشاورزی وابستگی زیادی به دمای هوا دارد. این آفت برای کامل شدن یک نسل و طی مراحل مختلف زندگی نیاز به دریافت حدود ۶۵۰ درجه-روز دما دارد. به‌منظور بررسی روند تغییرات تعداد نسل کرم سیب، پس از محاسبه دمای پایه، تعداد نسل این آفت در یک دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۹۷-۱۳۶۸) با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه گلمکان و مدل درجه-روز تعیین گردید و نتایج به‌دست‌آمده با نتایج تله‌های فرمونی نصب‌شده و دیتالاگر ثبت‌کننده دما در باغ گلابی در سال ۱۳۹۸ مقایسه گردید. دمای پایه برای کرم سیب ۸/۴ درجه سلسیوس به دست آمد. این آفت در دوره ۳۰ ساله گذشته به‌جز یک سال دارای ۳ نسل کامل بوده و روند درجه-روز دریافتی آن مثبت و معنادار است. در ابتدای دوره آماری زندگی آفت در ابتدای نسل سوم متوقف شده و با نزدیک شدن به اواخر دوره آماری مراحل زندگی آفت رو به تکمیل شدن پیش می‌رود. میانگین درجه-روز تجمعی دریافتی در ده سال دوم دوره نسبت به ده سال اول ۱۴۳ درجه و در ده سال سوم نسبت به ده سال دوم ۸۵ درجه افزایش داشته است. در صورت ادامه روند افزایش دما وقوع نسل چهارم آفت نیز دور از انتظار نخواهد بود. در این شرایط استفاده از سموم و هزینه‌ها افزایش خواهد یافت.

**واژه‌های کلیدی:** تغییر اقلیم، دمای پایه، درجه-روز،کرم سیب

## مقدمه

شرایط اقلیمی و متغیرهای هواشناسی به عنوان یکی از عوامل تاثیر گذار بر اکوسیستم ها، علاوه بر انسان، گیاهان و حیوانات، زندگی حشرات و آفات را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد و می‌توان آن را عامل اصلی در توزیع و پراکنش بیشتر گونه‌های حشرات و آفات دانست (۳۱). از میان متغیرهای هواشناسی می توان دمای هوا را یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر زندگی حشرات به سبب خونسرد بودن آن‌ها تلقی نمود و از آن برای بهبود وضعیت مدیریت طیف گسترده‌ای از آفات استفاده کرد (۱۰ و ۱۲). با توجه به اینکه آفات نیز مانند گیاهان دارای یک آستانه حرارتی مطلوب برای رشد هستند و دریافت مقدار دمای خاص برای طی مراحل فنولوژیک این موجودات ضروری است، افزایش دما می‌تواند تأثیرات مستقیم و غیرمستقیمی بر روی آن ها بگذارد (۱۱ و ۲۰). بنابراین بررسی نحوه اثر تغییر اقلیم و گرمایش جهانی، بر روی آفات که مستقیما بر روی عملکردها و غیر مستقیم بر روی انسان و محیط زیست تاثیر گذار است ضروری می باشد.

تغییر اقلیم به عنوان تغییر در شرایط متوسط آب و هوایی هر منطقه تعریف می‌شود و یکی از آثار آن که بسیاری محققان و دانشمندان بر آن مهر تائید می‌گذارند افزایش دما است، که می‌تواند در رابطه با حشرات و آفاتی مانند کرم سیب باعث افزایش سرعت رشد، افزایش تعداد نسل و کاهش فاصله بین مراحل زندگی شده و در نهایت مبارزه و کنترل آن را دشوارتر کند (۱۵،۲۹ و ۳۵). درصورتی‌که افزایش دما برای آفات اتفاق بیافتد و این افزایش بیشتر از آستانه بالایی رشد نباشد، تکمیل چرخه زندگی برخی آفات که در سال چندین بار نسل خود را کامل می‌کنند، سرعت گرفته و می‌توانند تعداد نسل بیشتری در سال داشته باشند (۱۹). در جنبه‌های متعددی از تغییر اقلیم مانند تأثیر آن بر کشاورزی، محیط‌زیست، صنعت و سلامت انسان که امروزه توسط محققین و دانشمندان موردبررسی قرار می‌گیرد، مطالعات جنبه‌های تغییر اقلیم و تأثیر آن بر روی حشرات

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Mousavib@um.ac.ir)
۳- استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
DOI: 10.22067/jpp.v34i2.84704

ازآنجا حائز اهمیت است که در بسیاری از موارد تـأثیر منفـی بـر روی برای انسان، امنیت غذایی و اکوسیستم‌های طبیعی دارد (۱۲ و ۱۶).

کرم سیب از آفات کلیدی و مهم بـاغ‌هـای سـیب، گلابـی، بـه و گاهی گردو به حساب می‌آید و اهمیت اقتصادی آن بیشتر مربـوط بـه آسیب‌های ناشی از لارو بر روی سیب یا سایر میوه‌های میزبان اسـت که اگر با کنترل و مبارزه صحیح شیمیایی و بیولوژیکی کنترل نشـود، می‌تواند خسارت زیادی را وارد کند. این آفت ماننـد بسـیاری از آفـات کاملا تأثیرپذیر از دمای هوا بوده و برای طی مراحل زندگی خود بایـد یک مقدار دمای تجمعی دریافـت نمایـد، کـه ایـن مقـدار را در علـم کشاورزی با مفهومی به‌عنوان درجـه– روز بیـان مـی‌کننـد و یکـی از بهترین و کاربردی‌ترین روش‌هـای پـایش آفـاتی ماننـد کـرم سـیب می‌باشد (۸، ۹، ۲۸ و ۳۵). کرم سیب جزو آفات چنـد نسـلی در سـال می‌باشد که با توجه به سطح کشت وسیع سیب و باغ‌های میـوه‌هـای دانه‌دار در جهان و ایران همواره خسارت‌های وسـیعی را بـه باغـداران وارد می‌کند و کـاربرد روش‌هـای نـوین در مـدیریت آن بسـیار حـائز اهمیت می‌باشد. باتوجه به اینکه تعداد نسل هر آفت رابطه مستقیم بـا جمعیت و میزان خسارت ان دارد، یکی از مهمترین عوامل در مدیریت آفات کلیدی مانند کرم سیب، پیش بینی تعداد نسل آن در سـال‌هـای آینده، در شرایط تغییر اقلیم و نوسانات دمایی مـی‌باشـد،که مـی‌توانـد چشم‌اندازی برای تصحیح و تغییر شیوه هـای مـدیریتی ایـن آفـت و آفات مشابه ایجاد کند.

در کالیفرنیا اولین شکار پروانه‌های نر در ۱۰ درجه سلسیوس و در زمان به شکوفه رفتن درختان سیب بوده و کرم سیب در مناطق گـرم دارای ۴ و در مناطق سردتر ۲ نسل می‌باشد (۲۵). این آفـت در حـالی در منطقه خانزیان که جزو مناطق سردسـیر مـی‌باشـد، دارای دو و در منطقه سپیدان سه نسل می‌باشد که، تعداد نسـل آن را بـرای منطقـه جلگه‌ای ۴ و برای مناطق مرتفع حداکثر تا ۲ نسل گزارش شده اسـت (۴، ۷ و ۲۵). در مطالعه‌ای که اسدی و همکاران (۲۰۰۹) کـه باهـدف پایش جمعیت کرم سیب و تعیین بهترین زمان کنترل شـیمیایی ایـن آفت با استفاده از مدل درجه–روز در شیروان انجام دادنـد و همچنـین مطالعه رجبی و همکاران (۲۰۰۶) که باهدف مقایسه تعداد نسـل کـرم سیب، روند پرواز و تراکم جمعیت کـرم سـیب در منـاطق و ارتفاعـات مختلف ایران انجام شد، مشخص شد که در منطقه کـرج کـرم سـیب دارای دو نسل و در منطقه شیروان دارای سه نسل می‌باشد (۵ و ۲۶).

تیلور و همکـاران (۲۰۱۸) بـا اسـتفاده از داده‌هـایی مشـاهداتی و شبیه‌سازی‌شده طبق گزارش چهارم هیئت بـین دولتـی تغییـر اقلـیم، تغییرات احتمالی در زندگی حشرات را باتوجه بـه رخـداد تغییـر اقلـیم بررسی نمودند. نتایج ایـن تحقیـق نشـان داد کـه در اواخـر قـرن ۲۱ افزایش نسل آفات چند نسلی و جمعیت آفات باعث افزایش قابل‌توجه استفاده از سموم کشاورزی به‌منظور حفظ عملکرد و بهره‌وری خواهـد شد (۳۳). سمیتز و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای ضمن بیـان اینکـه تأثیر تغییر اقلیم بر روی آفات کمتر مورد بحث و بررسی و توجه قـرار گرفته است به مدل‌سازی تأثیر تغییر اقلیم بر مدیریت پایدار کرم سیب به‌عنوان آفت کلیدی سیب در سوئیس پرداختنـد. نتـایج ایـن تحقیـق نشان داد که تغییرات قابل‌توجهی برای تاریخ‌های فنولوژی ایـن آفـت در باغ‌های سیب نسبت به دوره‌هـای قبـل رخ خواهـد داد. همچنـین افزایش تعداد حشرات نسل دوم ، افزایش خطر بیشتر برای نسل سوم و افزایش تعداد نسل از دیگر آثار تغییر اقلـیم بـر روی کـرم سـیب در سوئیس است که می‌تواند این آفت را در برابر راه‌های مبارزه و سـموم شیمیایی سازگار کند (۳۰). منـدنی و همکـاران (۱۳۹۳) در پژوهشـی خسارت آفت سن گندم بر رشد و عملکرد گندم پـائیزه تحـت شـرایط تغییر اقلیم را بررسی نمودند. در این پژوهش افزایش درجـه حـرارت و برهمکنش افزایش درجه حرارت و غلظت دی‌اکسـید کـربن بـرخلاف افزایش غلظت دی‌اکسید کربن منجر به شروع زودتر ریزش سن گندم به مزارع و افزایش طول دوره همپوشانی این حشره با طول دوره رشد گندم گردید. بنابراین به نظر می‌رسد که در شرایط تغییر اقلیم آینده در مقایسه با شرایط اقلیم فعلی، میانگین میـزان خسـارت سـن گنـدم در تراکم‌های مختلف بر عملکرد دانه گندم حدود ۷ درصد افـزایش یابـد (۲۱).

در این شرایط، گرم شدن هوا ممکن است با طولانی شدن فصـل رشد باعث افزایش جمعیت حشرات و آفات، تغییر زمـان ظهـور آفـت، افزایش سرعت رشد و توسعه، کامل شدن سریع‌تر چرخه زندگی آفـت و درنتیجه افزایش تعداد نسل و نهایتاً افزایش جمعیـت آفـت در سـال بعد خواهد شد (۲۳ و ۳۲). مطالعات زیادی در ایران و جهان در رابطـه با فنولوژی کرم سیب، تعداد نسل آن و اسـتفاده از مـدل درجـه– روز برای تعیین بهترین زمان مبارزه با این آفت انجـام شـده اسـت. لکـن باتوجه به اهمیـت موضـوع تغییـر اقلـیم کـه خصوصـاً در دهـه اخیـر موردتوجه بسیاری از محققان قـرار گرفتـه اسـت، انجـام مطالعـات و پژوهش‌هایی که بتواند تأثیر تغییر اقلیم را بر روی آفـاتی ماننـد کـرم سیب بررسی کند، ضروری می‌باشد. بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر آفـات که تا به امروز در ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته است می‌تواند این جنبه تغییر اقلیم را که بر روی امنیت غذایی، محیط‌زیسـت، انسـان و سایر موجودات زنده تأثیر بگذارد، آشکار سازد.

## مواد و روش‌ها

ایستگاه هواشناسی سینوپتیک گلمکان واقع در خراسـان رضـوی، نزدیـک‌تـرین ایسـتگاه هواشناسـی (فاصـله ۱۴ کیلـومتر) بـه بـاغ موردمطالعه بود. اطلاعات این ایستگاه در جدول ۱ آمده است. تله‌های فرمونی و دیتالاگر دما جهت ثبت تعداد پروانه‌های نـر بـه دام افتـاده، تاریخ بیوفیکس و داده‌های دمایی باغ برای محاسبه درجه–روز در باغ مورد مطالعه نصب شد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه گلمکان و باغ گلابی

Table 1- Characteristics of Golmakan station and pear orchard

| | طول جغرافیایی Longitude | عرض جغرافیایی latitude | ارتفاع (متر) Altitude (m) | اقلیم (دومارتن) Climate (Dombarton) | متوسط دمای سالانه (درجه سلسیوس) Average of annual temperature (°C) | متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر) Average of annual precipitation (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ایستگاه گلمکان Golmakan station | 59 17 E | 36 29 N | 1176 | نیمه‌خشک Semi-arid | 13.5 | 205 |
| باغ گلابی Pear orchard | 59 07 E | 36 42 N | 1128 | – | - | - |

از سازمان هواشناسی خراسان رضـوی داده‌هـای دمـای ایسـتگاه گلمکان در دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۹۷-۱۳۶۸) تهیـه گردیـد. مقـدار درجه-روز آفت تا زمان متداول برداشت میوه‌های میزبان آفت با توجه به رابطه (۱) محاسبه گردید. با توجه به اینکه آستانه دمای بالا فعالیت کرم سیب ۸۸ درجه فارنهایت (۳۲/۷ درجه سلسیوس) در نظـر گرفتـه می شود (۲۴، ۲۵ و ۳۵) و بالاتر از این دما فعالیت آفت کند یا متوقف می شود، در صورتی که میانگین روزانه دما از این مقدار بـالاتر باشـد، میانگین دمای آن روز همان ۳۲/۷ درجه سلسیوس در نظر گرفته مـی شود. قابل ذکر است که با توجه به اقلیم منطقه، تعداد روزهای کمـی در سال این شرایط را دارا بودند.

$$GDD=\sum\left(\frac{T_{max}+T_{min}}{2}-T_{base}\right) \quad (۱)$$

در این رابطه GDD[1] مقـدار درجـه روز تجمعـی در طـول فصـل رشد، $T_{max}$ دمای حداکثر روزانه، $T_{min}$ دمای حداقل روزانه و $T_{base}$ دمای پایه است. دمای پایه به‌عنوان نقطه صفر فیزیولـوژیکی در نظـر گرفته می‌شود..

هدف تحقیق بررسی روند تغییرات تعداد نسل کـرم سـیب اسـت. دمای پایه در کل دوره ثابت در نظر گرفته می‌شـود. بنـابراین رونـدی که با دمای پایه به‌دست‌آمده محاسبه می‌شود، با روندی که بـا دمـای پایه دیگر محاسبه می شـود، مشـابه مـی‌باشـد. لکـن جهـت بررسـی دقیق‌تر مراحل فنولوژی و پژوهش های بعـدی محاسـبه دمـای پایـه انجام‌شده است. برای محاسبه دمای پایه یک مرحله از زنـدگی آفـت انتخاب شد (در این مطالعه زمان تخم‌گذاری تا تفـریخ تخـم). سـپس تعدادی تخم کرم سیب در اتاقک‌هایی با دمای ثابت (۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶ و ۱۸ درجه سلسیوس) و دوره نوری و رطوبت نسبی تنظـیم شـده نگه‌داری شد. سپس تعداد روز لازم برای تفریخ تخم در هر دمـا ثبـت شد. سرعت رشد در هر دما با توجه به رابطه (۲) به دست آمد (۳).

$$V=\frac{1}{D} \quad (۲)$$

در این رابطه $V$ سرعت رشـد و $D$ تعـداد روزی اسـت کـه تخـم تفریخ شده است.

در محور مختصات دمـا را در محـور x هـا و سـرعت رشـد را در محور y ها و معادله خط شیب رگرسیون به دسـت آمـده اسـت. ایـن معادله به شکل رابطه (۳) می‌باشد. اگر این رابطه را برابـر صـفر قـرار دهیم (y=0) دمای پایه، در واقع دمایی که در آن سرعت رشـد صـفر است، طبق رابطه (۴) به دست خواهد آمد.

$$y=ax-b \quad (۳)$$

$$T_{base}=\frac{b}{a} \quad (۴)$$

در رابطه ۳ و ۴: $a$ شیب خط، $b$ عـرض از مبـدا و $T_{base}$ دمـای پایه است.

محاسبات درجه-روز برای کرم سیب، از تاریخی به نام بیوفیکس آغاز می‌شود. بیوفیکس طبق تعریف عبارت است از تاریخ: شروع پرواز پایدار پروانه‌های نر یا همان اولین پروانـه هـای نـر بـه دام افتـاده در تله‌ها (۱۸). تاریخ بیوفیکس در مطالعه حاضر با توجه به نصب تله‌های فرمونی در باغی در مجاورت ایسـتگاه هواشناسـی گلمکـان، در سـال ۱۳۹۸ به دست آمد. اطلاعات تله‌های نصب‌شده و مطالعات گذشته در خارج و داخل کشور نشان داد تاریخ بیوفیکس از زمـانی کـه میـانگین روزانه دمای منطقه به حدود ۱۰-۸ درجه سلسـیوس و دمـای هـوا در زمان غـروب خورشـید بـه حـدود ۶۲ درجـه فارنهایـت (۱۶/۶ درجـه سلسیوس) می‌رسد (۲۲)، اتفاق می‌افتد. بنابراین تاریخ بیوفیکس برای سال‌های گذشته با توجه به رسیدن دمای عمومی منطقه بـه دماهـای ذکرشده، ثبت شده است.

برای محاسبه تعداد نسل‌ها طبق مطالعات انجام‌شـده در ایـران و سایر کشورها، حدود ۶۵۰ درجه- روز دما برای تکمیل یک نسل کـرم سیب (پروانـه بـالغ، تخـم، لارو و شـفیره) نیـاز اسـت (۱، ۱۶ و ۲۷). بنابراین از تاریخ بیوفیکس تا زمان برداشـت میـوه درختـان سـیب و سایر درختان دانه‌دار در منطقه ایستگاه مطالعاتی، درجه-روز محاسـبه و بر اساس نیاز دمایی هر نسل، تعداد نسل کـرم سـیب از رابطـه (۵) محاسبه گردید.

1- Grows Degree Day

$$NOG=\frac{GDD}{650} \qquad (۵)$$

در این رابطه GDD، درجه روز تجمعی به دست آمده از رابطه ۱ و $NOG$[1] تعداد نسل کرم سیب می‌باشد کـه عـدد صـحیح آن تعـداد نسل کامل و مقدار اعشار آن نشان‌دهنده نسل ناقص کرم سیب است که مراحل زندگی خود را کامل نمی‌کند. تعداد نسل کرم سیب، در باغ مطالعاتی در سال ۲۰۱۹ نیز ثبت و محاسبه شد. این تعداد نسل هم با توجه به پیک‌های پرواز در تله‌های فرمونی و هم دیتا لاگر نصب‌شـده در باغ و مشابه با محاسباتی که بـرای دوره آمـاری گذشـته ایسـتگاه گلمکان انجام شده است، به دست آمده است.

نهایتاً با استفاده از درجه- روز تجمعی به‌دست‌آمده که آفـت کـرم سیب در یک‌فصل دریافت می‌کند (رابطه ۱) برای هرسال، این مقـدار در دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۹۷-۱۳۶۸) با آزمون روندیابی من-کندال موردبررسی قرار گرفت. همانند سایر آزمون‌های آماری، این آزمون بـر مبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده و درنهایت در موردپذیرش یا رد فرض صفر تصمیم‌گیری می‌نمایند. فرض صفر این آزمون مبتنـی بـر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها است و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها است. مراحـل این آزمون به شرح ذیل می‌باشد:

ابتدا اختلاف بین تک‌تک جملات سری با همدیگر و اعمال تـابع sgn و استخراج پارامتر s با استفاده از رابطه (۶):

$$s=\sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n}\operatorname{sgn}(x_j-x_k) \qquad (۶)$$

در این رابطه $n$: تعداد جملات، $x_j$: تابع $j$ ام سـری و $x_k$: داده $k$ ام سری داده sgn به شرح ذیل معرفی می شود:

$$sgn(s)\begin{cases}+1\ if\ (x_j-x_k)>0\\ -1\ if(x_j-x_k)=0\\ 0\ if\ (x_j-x_k)<0\end{cases} \qquad (۷)$$

بنابراین تمام مقادیر تابع $(sgn)$، صفر، ۱ و یا ۱- است.

در ادامه واریانس از رابطه (۸) محاسبه می‌شود:

$$var(s)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{j=1}^{m}t(t-1)(2t+5)}{28} \qquad (۸)$$

سپس آماره z به کمک یکی از روابط ذیل محاسبه می‌گردد:

$$sgn(s)\begin{cases}\frac{s-1}{\sqrt{var(s)}}if\ s>0\\ 0\qquad s=0\\ \frac{s+1}{\sqrt{var(s)}}if\ s<0\end{cases} \qquad (۹)$$

$s$ پارامتر محاسبه‌شده از رابطه (۶) می‌باشد.

درصورتی‌که آماره z مثبت باشد رونـد صـعودی و درصـورتی‌کـه منفی باشد روند در سری داده‌ها نزولی است. قدر مطلـق z را در نظـر می‌گیریم. اگر رابطه زیر برقرار بـود فـرض صـفر پذیرفتـه مـی‌شـود، روندی وجود ندارد و داده‌ها تصادفی هستند. اگر رابطـه برقـرار نبـود، فرض یک پذیرفته می‌شود که دلالت بر وجود روند دارد.

$$|Z|\leq\frac{z_a}{2} \qquad (۱۰)$$

$a$ همان سطح معنی‌داری است که برای آزمـون در نظـر گرفتـه می‌شود. $z_a$ آماره توزیع نرمال استاندارد در سطوح معنی‌داری $a$ است که با توجه به دو دامنه بودن آزمون $a/2$ استفاده شـده اسـت معمـولاً این آزمون برای سطح معنی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصد به انجـام مـی‌رسـد مقدار $a$ برای سطح ۹۵ درصد، برابر با ۰/۰۵ و برای سطح ۹۹ درصـد برابر با ۰/۰۱ است. در سطح اطمینان ۹۵ درصد: z =۱/۹۶ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد z= ۲/۵۸ در نظر گرفته می‌شود.

روش من-کندال ابتدا توسط مَن (۱۹۴۵) ارائـه و سـپس توسـط کندال (۱۹۷۰) بسط و توسعه یافت. فرض صفر آزمون من-کندال بـر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌هـا اسـت. آماره‌ای که نهایتاً از آزمون من- کندال به دست می‌آید $(Z)$، با مقادیر $(Z_0)$ در سـطح معنـی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصـد مقایسـه مـی‌شـود. اگـر $Z_0>Z$ باشد، نشان‌دهنده عدم روند مشخصـی در داده‌هـا و تصـادفی بودن آن‌ها و اگر $Z_0<Z$ باشد نشان‌دهنده روند در سری داده‌ها است.

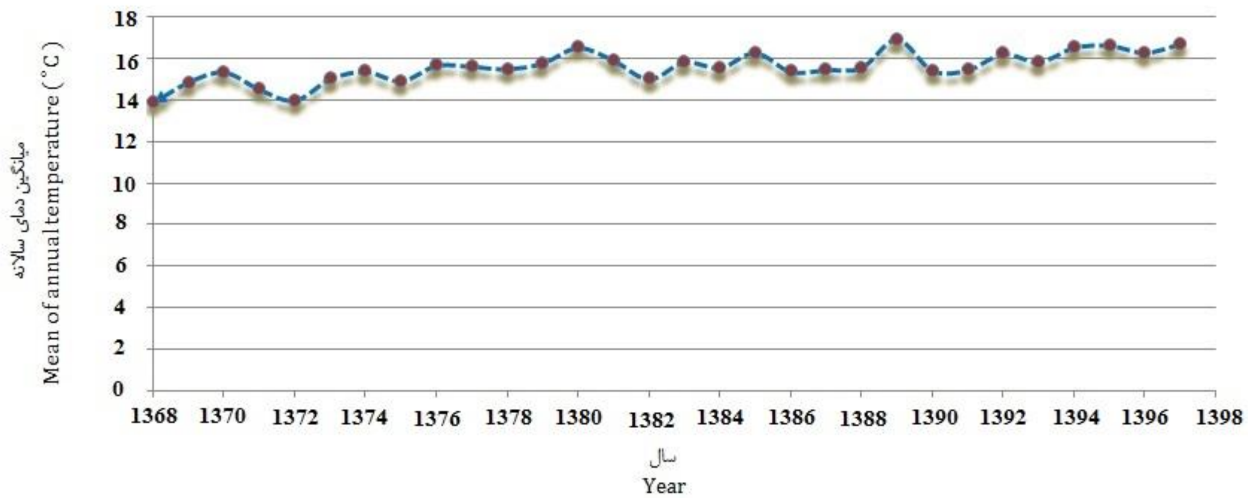
## نتایج و بحث

یکی از عواملی که می‌تواند به ما کمک کند تا وضـعیت تغییـرات دمایی را در دوره‌های گذشته بهتر درک کنیم، بررسی میانگین دمـای سالانه است و بررسی میانگین دماهای ایستگاه گلمکـان نشـان مـی دهد کـه میـانگین دمـای سـالانه در دوره آمـاری ۳۰ سـاله ایسـتگاه گلمکان (۱۳۹۷-۱۳۶۸) بـین ۱۳/۹ و ۱۶/۷ درجـه سلسـیوس متغیـر بوده است. از سال ۱۳۶۸ لغایت ۱۳۷۹ و به مـدت ۱۲ سـال میـانگین دمای سالانه زیر ۱۶ درجه سلسیوس و از سال ۱۳۸۰ به بعـد ۸ سـال میانگین دمای بالای ۱۶ درجـه سلسـیوس در ایسـتگاه مطالعـاتی بـه وقوع پیوسته است. این افزایش ازآنجا اهمیت پیدا مـی‌کنـد کـه بـالا رفتن میانگین دمای سالانه نشان‌دهنـده دریافـت دمـای بیشـتری در هرروز توسط آفات و درنتیجه بالارفتن میزان درجـه-روز دریـافتی در زمان حضورشان خواهد شد. تغییرات میانگین دمای سالانه در ایستگاه گلمکان در شکل ۱ نشان داده شده است.

برای محاسبه تعداد نسل کرم سیب در اولین قدم نیاز به محاسـبه درجه- روز بود و بدین منظور محاسبه دمای پایه انجـام شـده اسـت. برای محاسبه دمای پایه از سرعت رشد در یک مرحله خاص از زندگی آفت استفاده کرده‌ایم و خطی که معادله رگرسـیون را بـرای محاسـبه دمای پایه تشکیل داده است در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به این خط و معادله رگرسیونی آن و رابطه ۴، دمـای پایـه ۸/۴ درجـه سلسیوس به دست آمده است.

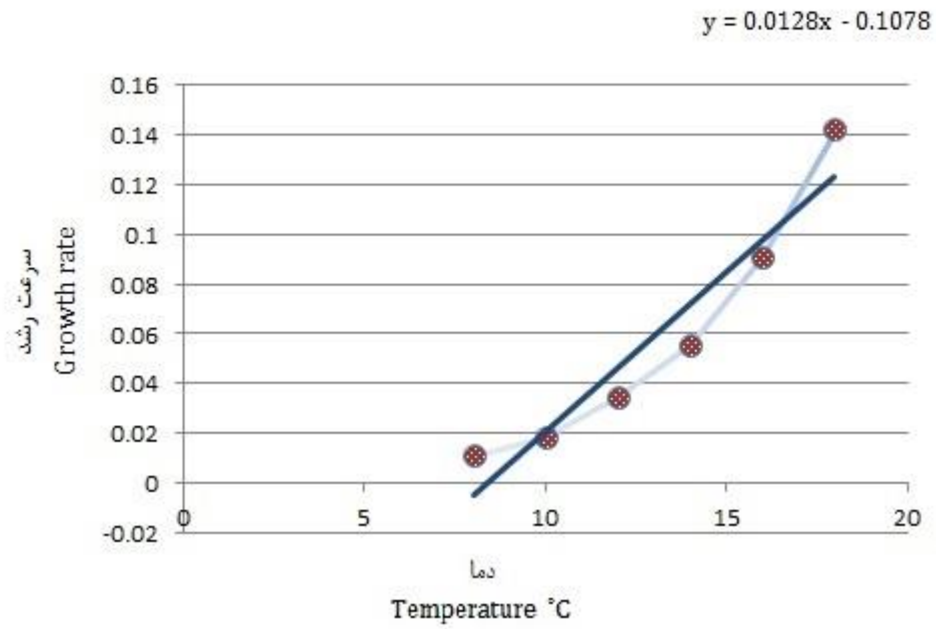
---

1- Number of Generation




**شکل ۱- تغییرات میانگین دمایی ایستگاه گلمکان**

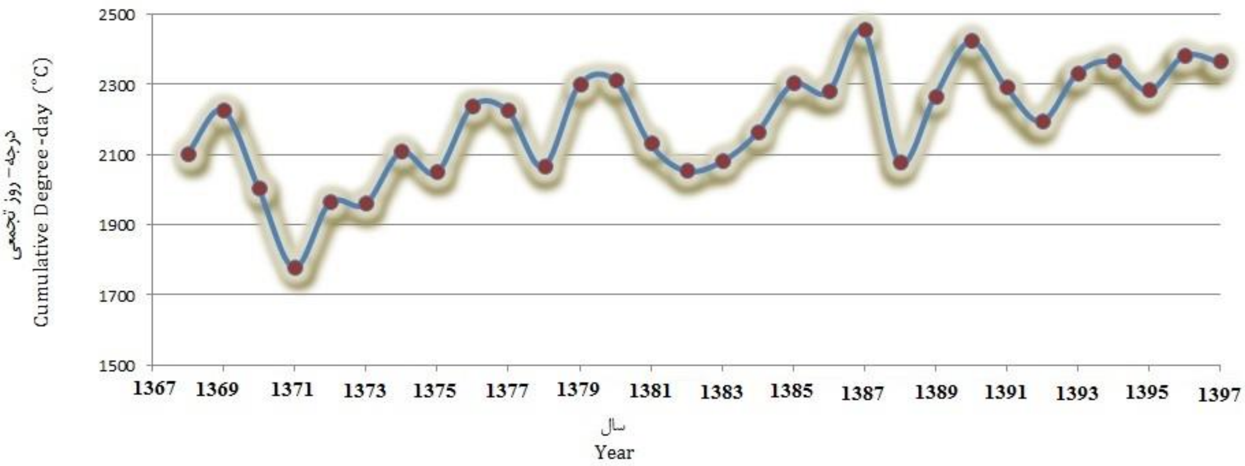
**Figure 1- Changes in the mean temperature of the Golmakan station**




**شکل ۲- نمودار دما- سرعت رشد کرم سیب برای محاسبه دمای پایه**

**Figure 2- Graph of Temperature- growth rate of Codling moth for calculating base temperature**

باتوجه به اینکه هدف در مطالعه حاضر بررسی روند تغییرات تعداد نسل کرم سیب در دوره گذشته است و دمای پایه در کـل محاسـبات (در هر سال) ثابت در نظر گرفته می‌شود، نتـایج بـه دسـت آمـده بـه کمک دمای پایه محاسبه شده، به‌خوبی می‌تواند وضعیت آفت در دوره گذشته را نشان دهد. دمای پایه برای کرم سیب در منطقـه مطالعـاتی ۸/۴ درجه سلسیوس به دست آمـده اسـت. بـا محاسـبه دمـای پایـه، درجه-روز تجمعی کرم سیب در هر سال به دست آمد و تغییرات آن با توجه به تاریخ بیوفیکس کـرم سـیب در دوره آمـاری موردمطالعـه، در شکل ۳ نشان داده شده است.




**شکل ۳- تغییرات درجه- روز تجمعی کرم سیب در ایستگاه گلمکان**
**Figure 3- Changes in cumulative degree-days at Golmakan Station**

با توجه به شکل ۳ می‌توان دریافت که درجه- روز دمای دریافتی آفت کرم سیب در سال‌های اخیر رو به افزایش است و این افزایش باعث کامل شدن نسل‌های ناقص این آفت و یا ظهور نسل جدید در منطقه شده است. میانگین درجه روز تجمعی دریافتی در (۱۳۷۷-۱۳۶۸) ۲۰۶۷ درجه سلسیوس، در (۱۳۸۷-۱۳۷۸) ۲۲۱۵ درجه سلسیوس و در (۱۳۹۷-۱۳۸۸) ۲۳۰۰ درجه سلسیوس بوده و نشان می دهد که در ده سال اول ۱۴۳ درجه- روز و در ده سال دوم ۸۵ درجه- روز افزایش میانگین درجه-روز تجمعی برای کرم سیب وجود داشته است. بر اساس نتایج این مطالعه، درحالی که در ابتدای دوره آماری زندگی آفت در ابتدای نسل سوم متوقف شده و آفت وارد مرحله شفیرگی و زمستان گذرانی می شود، به مرور زمان و با نزدیک شدن به اواخر دوره آماری مراحل زندگی آفت رو به تکمیل شدن و نزدیک شدن به نسل چهارم پیش می رود. پس از روندیابی به روش من کندال، آماره آزمون انجام شده برای دوره ۳۰ ساله ۳/۹۶ به دست آمده و باتوجه به آماره ثابت آزمون من کندال (در سطح اطمینان ۹۵ درصد ۱/۹۶ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد ۲/۵۶)، مشخص شد که روند درجه- روز دریافتی کرم سیب در دوره ۳۰ ساله ایستگاه گلمکان هم در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد و هم در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد معنادار است. با داشتن درجه- روز دریافتی کرم سیب در هرسال و مقدار درجه-روز لازم برای تکمیل یک نسل از این آفت (۶۵۰ درجه- روز) تعداد نسل‌های کرم سیب در دوره ۳۰ ساله ایستگاه گلمکان به دست آمده و در شکل ۴ نشان داده شده است.

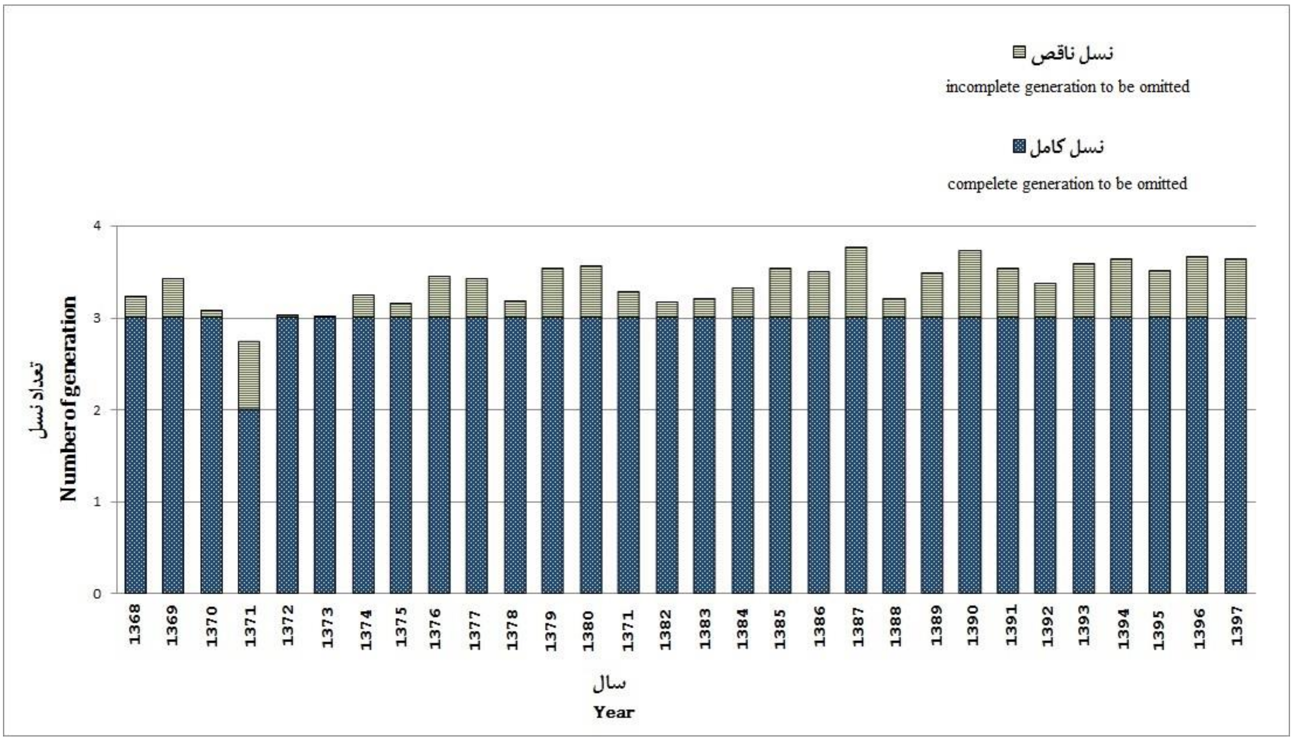
با توجه به شکل ۴ می‌توان دریافت که به‌جز یک سال در مابقی دوره آماری سه نسل کامل از کرم سیب حضور پیدا کرده است و برخلاف سال‌های اولیه دوره آماری که چرخه زندگی سالانه آفت در مراحل اولیه تمام می‌شود، در سال‌های اخیر چرخه زندگی این آفت رو به کامل شدن و رسیدن به مراحل انتهایی نسل سوم است. با توجه این شرایط و روند افزایشی دما درصورتی‌که این شرایط ادامه پیدا کند ظهور نسل چهارم کرم سیب در منطقه دور از انتظار نخواهد بود و می‌تواند پیامدهایی از قبیل، افزایش خسارت به باغداران، افزایش هزینه‌های مبارزه و کنترل، خسارت به محیط‌زیست و جامعه انسانی را در بر داشته باشد.

با توجه به تله‌های فرمونی نصب شده در باغ گلابی واقع در چناران، علاوه بر اطلاعات پروانه‌های نر به دام افتاده در تله‌ها، مقدار درجه-روز دریافتی کرم سیب از تاریخ بیوفیکس تا زمان برداشت گلابی نیز که با توجه به داده‌های دیتالاگر نصب شده در باغ و همان روش مورداستفاده در داده‌های ایستگاه گلمکان به دست آمده است، در شکل ۵ نشان داده شده.

نتایج نشان‌دهنده چهار پیک پروازی کرم سیب در منطقه چناران است که پیک پروازی بین پیک پرواز نسل اول و دوم مربوط به بارش و کاهش دما در روزهای قبل می‌باشد. درواقع در هر نسل و در تاریخ خاصی تعداد پروانه‌های پروازی در اوج خود نسبت به روزهای قبل و بعد هستند و این همان تاریخی است که بیشترین جفت‌گیری و بعد از آن تخم‌گذاری اتفاق می‌افتد. میانگین درجه- روز بین پیک‌های پروازی هر نسل که به‌عنوان یک رخداد فنولوژیکی تلقی می‌شود، ۶۵۰ درجه- روز سلسیوس است و این نشان‌دهنده مقدار درجه- روز لازم برای تکمیل هر نسل می‌باشد. علاوه بر پیک‌های پروازی که نشان‌دهنده سه نسل از کرم سیب در منطقه چناران در سال ۱۳۹۸ می‌باشد، مدل درجه-روز نیز که با توجه به داده‌های دمایی دیتالاگر نصب شده در باغ به دست آمده است، برای کرم سیب در این سال ۳

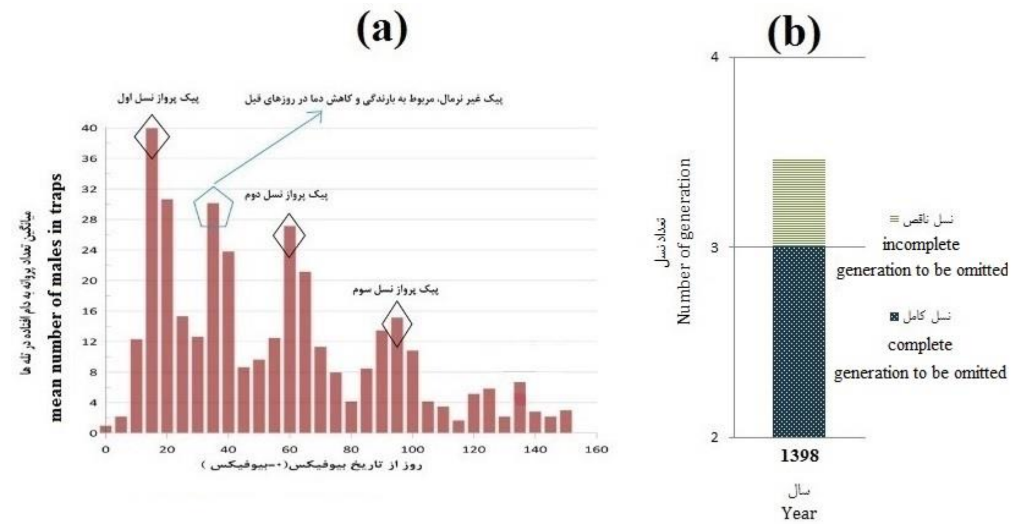
نسل کامل و یک نسل ناقص را نشان می‌دهد (شکل ۵ b).

در مطالعه‌ای که باهدف بررسی مقایسه‌ای در مـورد تعـداد نسـل، روند پرواز و تراکم جمعیت کرم سیب در ایران انجام شده است، نتایج نشان داد که کرم سیب دارای سه نسل روی گردو و سیب در منطقـه تویسرکان و سه نسل در منطقه بوانات فارس می باشد (۲ و ۲۷) که با توجه با نتایج تحقیق حاضر و در صورت ادامه روند افزایشی دما بـرای این مناطق، تعداد نسل‌های کرم سیب نیز افزایش می‌یابد و مبـارزه و کنترل این آفت در این مناطق نیز دشوارتر خواهد شد.




**شکل٤- تعداد نسل‌های کرم سیب در ایستگاه گلمکان (۱۳۹۷-۱۳٦۸)**

**Figure 4- Number of Codling Moth generation at Golmakan station (1989-2018)**




**شکل ۵- a: تعداد پروانه‌های نر به دام افتاده از تاریخ بیوفیکس تا برداشت (۲۰۱۹) b: نسل‌های کرم سیب در باغ گلابی با توجه به مدل درجه-روز (۲۰۱۹)**

**Figure 5- a: Number of trapped male from biofix to harvest (2019), b: Generations of Codling moth in the pear orchard according to the degree-day model (2019)**

طبق گزارش چهارم هیئت بین دولتی تغییر اقلیم تا انتهای قرن ۲۱ دمای سطح زمین با توجه به سناریوهای خوش‌بینانه بین ۲/۹-۱/۱ و حدود ۱/۸ و برای سناریوهای بدبینانه بین ۶/۴-۲/۴ و حدود ۴ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد (۱۳ و ۱۴). در تحقیق حاضر مشخص شد که یکی از پیامدهای تغییر اقلیم و گرمایش جهانی که باید توجه ویژه‌ای به آن شود، تغییر در فنولوژی آفات و روند توسعه و چرخه زندگی آن‌ها می‌باشد که می‌تواند جامعه گیاهی، محیط‌زیست، امنیت غذایی و به‌تبع آن‌ها حیات و سلامت انسان را به خطر انداخته و این خطر در تمامی نقاط جهان وجودخواهد داشت. به نحوی که محققین نشان دادند با گرمایش جهانی درصورتی‌که میانگین دما ۱ درجه سلسیوس افزایش یابد، درجه روز تجمعی درصورتی‌که دمای پایه صفر در نظر گرفته شود، حدود ۲۰۵ درجه-روز و درصورتی‌که دمای پایه ۱۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شود حدود ۸۵ درجه- روز افزایش می‌یابد (۱۶). افزایش پیدا می‌کند. رادوسلاو و همکاران (۲۰۱۳) نیز پس از بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر توسعه کرم سیب دریافتند که طبق داده‌های مدل HadCM3 و GISS برای پیش‌بینی آینده، دریافتند که به‌طور متوسط در یک دهه، درجه- روز دریافتی کرم سیب با دمای پایه صفر درجه سلسیوس ۱۴۲ درجه و با دمای پایه ۱۰ درجه سلسیوس، ۹۱ درجه افزایش می‌یابد. این اتفاق باعث می‌شود مراحل کلیدی زندگی آفت در آینده ۴ الی ۷ روز در هر دهه، زودتر اتفاق بیفتد و نسل سوم این آفت که در لهستان دیده نشده است، در آینده ظهور پیدا کند (۱۷).

تغییر اقلیم در دهه های اخیر علاوه بر تاثیر بر منابع آب، گیاهان، انسان می تواند زندگی آفات را نیز تحت تاثیر قرار دهد و افزایش تعداد نسل‌های کرم سیب به‌عنوان یک آفت کلیدی و خسارت آن روی میوه‌هایی که کشت وسیعی از ایران را به‌عنوان میوه‌های دانه‌دار به خود اختصاص داده‌اند، می‌تواند خسارت‌های جبران‌ناپذیری به بخش کشاورزی وارد نماید. نتیجه پژوهش انجام‌شده در منطقه مطالعاتی به‌عنوان یک نمونه نشان می‌دهد که گرم‌تر شدن هوا می‌تواند کنترل آفت را دشوارتر کرده و طبیعتاً هرچقدر تعداد نسل آفت در یک سال افزایش پیدا کند، مقاومت آن در برابر سموم و روش‌های کنترلی افزایش خواهد یافت. درصورت ادامه روند دمایی فعلی و گرم‌تر شدن هوا، جهت تعدیل اثراتی از قبیل افزایش هزینه‌ها، افزایش مصرف سموم، افزایش خسارت، تخریب محیط‌زیست، پایین آمدن کیفیت میوه و به خطر افتادن سلامت انسان که به‌موجب تغییر اقلیم و تاثیر آن بر آفات اتفاق می‌افتد، پایش و رصد دقیق آفاتی مانند کرم سیب با تله‌های فرمونی به‌منظور مبارزه به‌موقع و کاهش خسارت و همچنین ارائه روش‌هایی جهت کنترل بیولوژیک، ضروری به نظر می‌رسد.

## منابع


1- Alston D., Marion M., and Reding M. 2010. Codling moth (*Cydia pomanella*). Published by Utah state University Extension and Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory. Available at http://extension.usu.edu/ files/publications/factsheet/codling-moths 06.pdf .

2- Amiri R., Shojaaddini M., Motazedian N., and Zibayee K. 2014. Degree-day and pheromone traps in control timing of codling moth, *Cydia pomonella L.* Journal of Agricultural Pests Management 1: 34-40. (In Persian with English abstract)

3- Arnold C.Y. 1959. The development and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 74: 430-445.

4- Asadi GH., Alichi M., Zibayee K., and Mosalaie K. 2001. Use Degree-Days to determined time for chemical control for *Cydia pomonella* in Sepidan. Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources, 98 p. (In Persian with English abstract)

5- Asadi GH., Gholami M.R., and Lakzyan A. 2009. Study of seasonal population of *Cydia pomonella* and best time for chemical control in Shiravan. Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources 3: 71-78. (In Persian with English abstract)

6- Charmillot P.J., Pasquier D., and Briand D. 2005. Resistance du carpocapse *Cydia pomonella* aux insecticides. REV. Suisse viticulture Arboricuture Horticulture 37: 123-127.

7- Daneshnia N., Alichi M., and Heidari B. 2012. Determining the appropriate spray time for *Cydia pomonella* (Lep: Totricidae) in apple orchards using sex pheromone and degree day in Khanehzenyan, Fars 4: 37-44. (In Persian with English abstract).

8- Delisle J. 1992. Monitoring the seasonal male flight activity of *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae) in eastern Canada using virgin females and several different pheromone blends. Environmental Entomology 21(5): 1007-1012.

9- Durant J.A., Manley D.G., and Carde R.T. 1986. Monitoring of the European corn borer (Lepidoptera: *Pyralidae*) in South Carolina using pheromone traps. Journal of Economic Entomology 79(6): 1539-1543.

10- Edelson J.V. 1989. Development of onion thrips, *Thrips tabaci Lindeman*, as a function of temperature.

Southwest. Entomologist 13: 171-176.
11- Gilbert N., and Raworth D.A. 1996. Insects and temperature—a general theory. The Canadian Entomologist 128(1): 1-13.
12- Harrington R., Fleming R.A., and Woiwod I.P. 2001. Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: can they be predicted?. Agricultural and Forest Entomology 3(4): 233-240.
13- IPCC (2007a) IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). Working Group I Report. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
14- IPCC (2007b) IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 Synthesis Report, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 52.
15- Jonsson A.M., Appelberg G., Harding S., and Bärring L. 2009. Spatio-temporal impact of climate change on the activity and voltinism of the spruce bark beetle, Ips typographus. Global Change Biology 15(2): 486-499.
16- Juszczak R., Panfil M., and Lesny J. 2010. Changes of cumulative degree-days as an indicator of climate changes in the Masuria Region. In: Leśny J (ed) Agrometeorology research. Acta Agrophysica 185: 141–153.
17- Juszczak R., Kuchar L., Leśny J., and Olejnik, J. 2013. Climate change impact on development rates of the codling moth (*Cydia pomonella L*) in the Wielkopolska region, Poland. International Journal of Biometeorology 57(1): 31-44.
18- Knodel J.J., and Agnello A.M. 1990. Field comparison of nonsticky and sticky pheromone traps for monitoring fruit pests in western New York. Journal of Economic Entomology, 83(1): 197-204.
19- Lange H., Okland B., and Krokene P. 2006. Thresholds in the life cycle of the spruce bark beetle under climate change. International Journal for Complex Systems 1648:1-10.
20- Logan D.J., Wolesensky W., and Joern A. 2006 Temperature-dependent phenology and predation in arthropod systems. Ecological modelling 196(3-4): 471-482.
21- Mondani F., Nassiri M.M., and Koochaki A. Modeling of Sunn Pest (*Eurygaster integriceps* Put.) Damage on Winter Wheat (*Triticum aestivum*) Growth and Yield under Climate Change Condition. Plant Production Technology 14(2):61-75.
22- Ohlendorf B. 1998. UC IPM pest management guidelines. UC IPM pest management guidelines. Available at http://ipm.ucanr.edu/PMG/r4300111.html.
23- Olfert O., and Weiss R.M. 2006. Impact of climate change on potential distributions and relative abundances of *Oulema melanopus*, *Meligethes viridescens* and *Ceutorhynchus obstrictus* in Canada. Agriculture, Ecosystems and Environment 113(1-4): 295-301.
24- Pitcarin M.J., Zalon F.G., and Rice R. 1992. Degree-day forecasting of generation of *Cydia pomonella* population in California. Environmental Entomology 21: 441–446.
25- Rajabi G.R. 1985. Insects Attacking of Rosaceous Fruit Trees in Iran. Iranian Research Institute of Pest and Disease of Plant, Tehran. 209 p. (In Persian)
26- Rajabi G.R., Malmir A., and Naderian H. 2006. Comparative study of number of generation, flight span and population density of Codling moth in walnut and apple orchards in various altitudes of Iran. Journal of Pest and Disease of Plants 2: 1-12. (In Persian)
27- Reyes M., Franck P., Charmillot P.J., Ioriatti C., Olivares J., Pasqualini E., and Sauphanor B. 2007. Diversity of insecticide resistance mechanisms and spectrum in European populations of codling moth, *Cydia pomonella*. Pest Management Science 63: 890-902.
28- Roberts W.P., and Higley C.E.A. 1986. Pest management program for apple series: codling moth. Journal of Ontario Ministry of Agriculture and Food of Canada 8: 1-9.
29- Rosenzweig C., Iglesias A., Yang X.B., Epstein P.R., and Chivian E. 2001. Climate change and extreme weather events; implications for food production, plant diseases, and pests. Global Change and Human Health 2(2): 90-104.
30- Samietz J., Stoeckli S., Hirschi M., Spirig C., Hohn H., Calanca P., and Rotach M. 2011. Modelling the impact of climate change on sustainable management of the codling moth (*Cydia pomonella*) as key pest in apple. 1068 pp. 35-42. In 9th International Symposium on Modelling in Fruit Research and Orchard Management. 19 June 2011.
31- Stara J., and Kocourek F. 2007. Insecticidal resistance and cross-resistance in populations of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) in central Europe. Journal of Economic Entomology 100(5): 1587-595.
32- Sutherst R.W. 2000. Climate change and invasive species: a conceptual framework. Invasive species in a changing world: 211-240.
33- Taylor R.A.J., Herms D.A., Cardina J., and Moore R.H. 2018. Climate change and pest management: unanticipated consequences of trophic dislocation. Agronomy 8(1):7.
34- Vincent C., Mailloux M., Hagley E.A.C., Reissig W.H., Coli W.M., and Hosmer T.A. 1990. Monitoring the codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae) and the *obliquebanded leafroller* (Lepidoptera: Tortricidae) with sticky and nonsticky traps. Journal of Economic Entomology 83(2): 434-440.

Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 2, Summer 2020, P. 207-217

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۲۱۷-۲۰۷

# Calculation of the Base Temperature and Investigation of Changes in Number of Codling Moth (*Cydia pomonella*) Generations, with Degree-Day Model in Chenaran

**M. Helmi Jaded[1]- M. Musavi Baygi[2*]- H. Sadeghi Namaghi[3]**
Received: 04-01-2020
Accepted: 11-05-2020

**Introduction:** Codling moth (*Cydia pomonella*) is one of the most important agricultural pests which annually damages apples, pears, and walnuts orchards. Like other pests, coldling moth development depends to the air temperature. Climate changes have many impacts on the environment and pests are affected by these changes, too. Codling moth has two generations in cold regions and 4 to 5 generations in warm regions per year. The number of this pest generations and the damages which it caused in the orchards depends on the amount of received cumulative temperature during a growing season. Increasing the average daily temperature will increase the cumulative degree-day and subsequently, this can increase the number of pest generations annually. The increase in the number of pests as a result of global warming can damage the environment and food security significantly. One of the effects of climate changes on the pest can be identified with an overview of the codling moth generation and its changes over the past years.

**Materials and Methods:** Maximum and minimum temperature data of Golmakan synoptic station (Khorasan Razavi) were used to calculate the number of codling moth generations (1989-2018). Average daily temperature was calculated using maximum and minimum temperatures. To estimate the degree-day, the base temperature was obtained by the growth rate method at different temperatures. In this method, the growth rate of one stage of pest life (egg laying to egg hatching) was recorded at different temperatures and the temperature in which the growth rate becomes zero was considered as the base temperature. Then, degree-day was calculated by subtracting the base-day temperature from daily mean temperature and cumulative degree-day for each year was obtained by summing degree-days biofix to harvest. The biofix date in 2019 was obtained by the pheromone traps and the first male trapped in the pear orchard near Golmakan station. Pest activity initiates at temperatures higher than the base temperature, so the biofix date for each year (1989–2018) was selected based on the mean daily temperature that reached the base temperature and then increased. Biofix in the pear orchard also occurred under these circumstances. Trend of cumulative degree-day was analyzed by Mann-Kendall nonparametric test in the statistical period 1989-2018 to examine cumulative degree-day changes. Pheromone trap data in pear orchards in 2019 and previous studies show that codling moth need about 650˚C degrees-day temperature to complete each generation. Consequently, the number of pest generations for each year was calculated by dividing the cumulative degree-day by 650 DD. The number of male trapped in pheromone traps from biofix to harvest and flight peaks shows the number of the codling moth generations in the area of observation. Finally, the number of codling moth generations in 2019 were compared to the number of generations of this pest in the statistical period 1989–2018.

**Results and Discussion:** The average annual temperature in Golmakan station varied from 13.9˚C to 16.7˚C from 1989 to 2018. Considering the codling moth growth rate from laying to hatching at 8, 10, 12, 14 16, 18˚C, base temperature in which the growth rate was zero, was obtained 8.4° C. The cumulative degree-day for codling moth from biofix to harvest in the statistical period 1989–2018 was between 1780˚C in 1992 and 2456˚C in 2008. Recorded air temperature data by data logger in pear orchard showed that the pest received 2251˚C degree-day in 2019. The results of Mann-Kendall test showed an increasing and significant trend for cumulative degree-day. After calculating the cumulative degree-day, it was determined that the codling moth had three generations in the past 30 years except one year. The mean cumulative degree-day was 2067˚C in 1989-1998, 2215˚C in 1999-2008, and 2300˚C in 2009-2018. This shows that the average cumulative degree-day increased by 143˚C in the first ten years and 85˚C in the second ten years. According to the results of this study, at the beginning of the statistical period, pest's life cycle stops at the beginning of the third generation and it enters the pupal and overwintering stage. Toward the end of the statistical period, pest life cycle is going to complete and reach to the fourth generation. In 2019, pheromone traps registered 3 pike flights for codling moth in the pear

1 and 2- Ph.D. Candidate and Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Mousavib@um.ac.ir)
3- Professor, Department of Plant protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

orchard near the Golmakan station. Thus, in 2019, there were three generations of this pest in the area of observation. If these conditions continue, the fourth generation may be presented in the area of observation in next years**.**

**Conclusion:** The results of this study showed that increasing the mean of daily temperature increases the cumulative degree-day and if the temperature continues to rise, the occurrence of fourth generation will not be unexpected in the coming years. Damage to apple, pear, and walnut orchards increases by increasing number of codling moth. Therefore it will be more difficult to control this pest. Under these conditions, using pesticides will increase in agriculture and there will be environmental problems. According to the results of this study in order to manage codling moth, it is necessary to determine the exact number of generations and the appropriate time of spraying due to the time of egg hatching in each region.

**Keywords**: Base temperature, Climate change, Codling moth, Degree-day